

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação

Física



**Comparação da Eficácia de Dois
Exercícios de Treino Abdominal Através da
Análise Electromiográfica**

Márcio Baptista Marques

Coimbra

2008/2009

Resumo

Os abdominais são músculos fundamentais para diversas funções fisiológicas vitais do organismo (equilíbrio osteo-articular, controlo postural, prevenção de diversas lesões da coluna lombar, etc.), por outro lado também por uma questão estética o trabalho deste grupo muscular tem sido cada vez mais motivo de interesse da população em geral. No entanto, o melhor método para os trabalhar foi, e continua a ser, motivo de discórdia entre profissionais da actividade física, saúde e praticantes, estimando-se que actualmente, 3 milhares de pessoas pratiquem exercícios abdominais de maneira inadequada, podendo, assim, causar danos à coluna vertebral (BEIN e col, 1997). Torna-se então bastante pertinente a realização de estudos que desmistifiquem esta questão. Como tal, o objectivo deste estudo é definir qual de dois exercícios, protocolo do fitnessgram® (exercício 1) ou o mesmo protocolo com as mãos ao lado da cabeça (exercício 2), permite trabalhar de forma mais eficiente o músculo recto abdominal e erector espinal. Para tal, ir-se-á proceder à análise electromiográfica dos dois exercícios referidos.

Abstract

The abdominal muscles are fundamental to several vital functions of the body (osteo-articular balance, injuries prevention, postural control, etc), on other hand, also because of esthetics matters the working of this muscular group has been increasing of interest to the general public. However the best way of working this muscular group always has been, and still is, motive of arguing amongst the scientific community. For example, Bein e col, 1997, said that about 3 thousand people practice this kind of exercises in ways that can make damage to the spinal column, becoming very pertinent to make studies that demystify these matters. Therefore, the objective of this study is to define witch of to exercises, fitnessgram protocol (exercise 1) or the same protocol with the hands beside your head (exercise 2), allows a more efficient work of the rectos abdominis and erector spinae. This study will be executed through the electromiografic analysis of both muscles and exercises

Índice

Resumo	0
Abstract	2
Índice.....	3
Índice de Figuras.....	5
Índice de Gráficos	5
Introdução.....	7
Os músculos abdominais	8
Principais funções dos músculos abdominais.....	8
A importância do bom funcionamento dos músculos abdominais.....	9
Descrição anatómica do músculo recto abdominal e erector espinal	10
O Músculo-esquelético.....	12
Sistema nervoso central.....	13
Comunicação entre SNC e o Musculo	14
Recrutamento das unidades motoras	16
Objectivos.....	18
Metodologia	19
Exercícios analisados	19
Exercício 1	19

Exercício 2	20
Caracterização da Amostra	21
Caracterização Antropométrica	21
Percentagem de massa gorda.....	22
Electromiografia	24
Fundamentação fisiológica	25
Frequência.....	26
Amplitude	27
Resultados	28
Discussão dos resultados	36
Conclusões.....	39
Bibliografia	40

Índice de Figuras

Figura 1 – Musculos abdominais

Figura 2 – Musculos lombares

Indice de Gráficos

Gráfico 1- Valores de % da amplitude de contracção do músculo recto abdominal esquerdo em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 2 - Valores de % da amplitude de contracção do músculo recto abdominal direito em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 3- Valores de % da amplitude de contracção do músculo erector espinal esquerdo em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 4- Valores de % da amplitude de contracção do músculo erector espinal direito em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 5- Valores de MPF (Hz) para o músculo recto abdominal esquerdo durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 6- Valores de MPF (Hz) para o músculo recto abdominal direito durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Gráfico 7- Valores de MPF (Hz) para o músculo Erector espinhal esquerdo durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão. * $p < 0,05$ do exercício 2 em relação ao exercício 1.

Gráfico 8- Valores de MPF (Hz) para o músculo Erector espinhal direito durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Introdução

Por ser um tema alvo de grande controvérsia, existem vários estudos, varias vezes contraditórios sobre a eficácia dos diversos exercícios conhecidos.

Bankoff e Furlani (1986) ao analisarem electromiograficamente quatro diferentes exercícios de abdominais, concluíram que o melhor exercício para o recto abdominal ocorreu durante o exercício deitado, em decúbito dorsal com os joelhos flectidos a 45° e as mãos entrelaçadas na nuca, realizando o movimento de subir o tronco em linha recta até a posição sentada. Exercício normalmente designado sit up.

No entanto, Beim e al. (1997) ao comparar o exercício sit up com o exercício curl up (deitado em decúbito dorsal, com os joelhos flectidos, pés fixos no solo, mãos entrelaçadas na nuca, realizando o movimento de subir o tronco enrolando até que as escapulas sejam elevadas do solo) registou maior potencial de acção muscular para este.

Sarti e al. (1996), num estudo em que foram comparados quatro exercícios: os dois descritos anteriormente, o Pelvic Tilt (elevar as pernas estendidas partindo de uma posição de decúbito dorsal) e o posterior pelvic tilt (em decúbito dorsal com as pernas encolhidas realizar o movimento de elevação do quadril; concluíram que existe diferença na activação do supra e infra abdominal, sendo o exercício curl up mais vantajoso para a activação do supra abdominal e o posterior pelvic tilt para o infra abdominal.

Gregory e al. (2001) referiram que os exercícios Curl Up, Curl Up isométrico e extensão isométrica das pernas, não apresentaram diferenças significativas entre as porções superiores e inferiores do Rectus Abdominis.

Também Ribeiro e al. (2002) não encontraram diferenças significativas na análise electromiográfica do músculo recto abdominal em três exercícios (Curl Up, Sit Up e Posterior Pelvic Tilt).

Já Pezarat e al. (1993), concluíram que o exercício sit up solicita uma maior actividade dos músculos abdominais que o Curl Up, quer o exercício seja efectuado com ou sem fixação das pernas.

Dada esta revisão de literatura fica claro que este é um tema que envolve bastante controvérsia entre a comunidade científica, por outro lado não foram encontrados na literatura estudos referentes à análise electromiográfica dos músculos erectores espinhais em exercícios abdominais. Estes dois argumentos tornam clara a importância deste estudo para o conhecimento científico ao nível do treino dos músculos abdominais.

Os músculos abdominais

Principais funções dos músculos abdominais

Os músculos abdominais possuem variadas funções essenciais para o normal funcionamento do corpo.

Segundo Elvar, H (2005) uma eficaz musculatura abdominal, é importante na absorção de impactos, produzidos por saltos, quedas, etc.; compensação da acção do psoas ilíaco e dos músculos lombares; estabilização do corpo de forma que os braços e pernas possam realizar qualquer movimento tendo como suporte uma cadeia transmissora de forças (adequada cadeia cinética); manutenção da coluna vertebral estável, redução do stress na zona lombar, produzindo uma descarga de pressão sobre os discos intravertebrais lombares; colaboração na expiração e estabilização da pélvis durante o movimento.

Para além destas funções Kirby e Roberts, (1985), Lapierre, (1996) e López, (1999) referem a importância deste grupo muscular para a manutenção de diversos órgãos internos em posição adequada. López (1999) Refere ainda a importância da musculatura abdominal na manutenção da postura da pélvis e da curvatura da coluna lombar.

Os músculos abdominais funcionam ainda como um mecanismo de protecção quando se contraem, ao provocar um aumento da pressão intra-abdominal, o que por sua vez provoca a diminuição das forças compressivas da coluna (Ibañez e al., 1993; López, 1999).

A pressão intra abdominal exercida pelos músculos abdominais faz com que estes tenham um importante papel no retorno venoso (Wilmore e Costil, 2001). Gray (1995) refere também a importância deste grupo muscular para a micção, defecção, vômito e parto.

O músculo recto abdominal possui ainda uma importância capital para a diminuição das pressões sobre os discos e estruturas adjacentes, especialmente na região lombar (Becerro, 1989; Anderson e al., 1995; López, 1999).

A importância do bom funcionamento dos músculos abdominais

A importância do bom funcionamento dos músculos abdominais é referida frequentemente na literatura por diversos autores.

A flacidez da musculatura abdominal, constitui uma das razões do aumento das pessoas com problemas de dores nas costas, (Knoplich, 1980). Rach em 1991 pontuava que 80% da população mundial sofriam de dores nas costas.

Vaz e col (1999) destacam que a fraqueza da musculatura abdominal está associada a distúrbios como: ptose ou projecção anterior da região abdominal; dificuldade de elevar a cabeça a partir da posição em decúbito dorsal devido, principalmente, à debilidade do músculo recto abdominal; dificuldade expiratória; dificuldade na

realização de determinados movimentos tais como a tosse, o vômito, o espirro e movimentos relacionados com o parto; a acentuação da lordose lombar, devido ao fortalecimento desproporcional do músculo psoas maior em relação aos músculos abdominais, acarretando a lombalgia.

O interesse pela prática de exercícios abdominais tem ainda aumentado na última década devido à crescente busca da estética que é divulgada pela nossa sociedade, especialmente através dos meios de comunicação (Bird; Fletcher; Koch, 2006).

Descrição anatômica do músculo recto abdominal e erector espinal

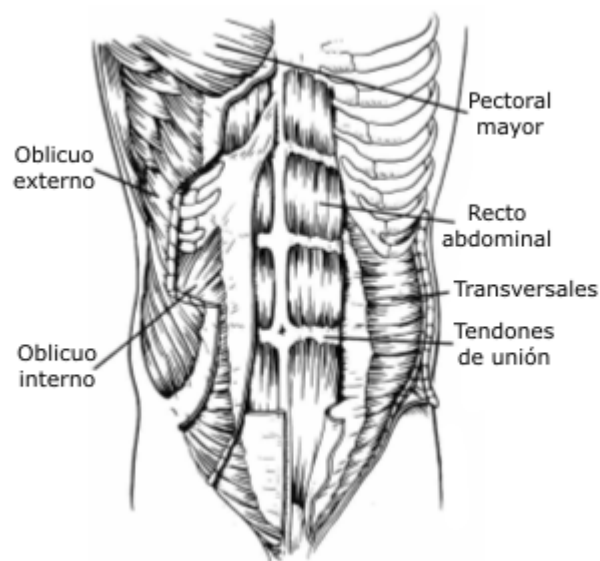


Figura 1 – Músculos abdominais

O músculo recto abdominal insere-se no corpo da púbis, entre o ângulo e a espinha. As suas fibras dirigem-se depois verticalmente para cima e, ao chegarem ao tórax,

dividem-se em três digitações terminais. A externa, insere-se na 5ª cartilagem costal, a média na 6ª cartilagem e a interna, na 7ª. Este músculo pode apresentar três ou quatro intersecções tendinosas (Esperança Pina, 1999).

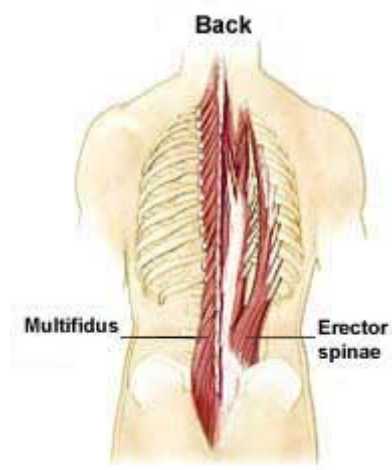


Figura 2 – Músculos costais

O músculo *erector spinal*, que pode também ser designado massa comum ou musculo sacro-ilio-lombar ocupa as goteiras sagrada e lombar. Insere-se nas apófises espinhosas das vértebras lombares, crista sagrada, grande ligamento sacro-ciático e tuberosidade ilíaca, sendo estas inserções feitas através da aponervose espinhal (Esperança Pina, 1999).

O Músculo-esquelético

Para melhor compreender o estudo realizado, importa descrever a forma como funciona o músculo-esquelético, desde que um indivíduo decide realizar um movimento, até que este se realize.

Os músculos esqueléticos possuem uma grande variedade de formas morfológicas e mecanismos de acção, porém todos possuem a mesma estrutura básica (Burkitt e al., 1994).

Apesar da sua forma única, as células musculares apresentam muitos dos mesmos organelos que as restantes células do organismo., tais como mitocôndrias, lisossomas... No entanto, ao contrário da maioria das células, as musculares são multinucleadas, ou seja, têm vários núcleos. Por outro lado uma das características mais visíveis ao microscópio destas células é a sua aparência riscada, resultado da alternância entre bandas claras e escuras que aparecem ao longo da fibra muscular (Powers e Howley, 1997).

Cada fibra muscular é um fino cilindro alongado que se estende ao longo do músculo. A membrana que rodeia as células musculares denomina-se sarcolema. Por baixo do sarcolema encontra-se o sarcoplasma (também denominado citoplasma), que contém as proteínas celulares, os organelos e as miofibrilhas. As miofibrilhas são numerosas estruturas que contêm as proteínas contrácteis. Em geral as miofibrilhas são compostas por dois grandes tipos de filamentos proteicos: finos filamentos de uma proteína denominada miosina e finos filamentos de actina. É a forma como estes filamentos se encontram disposto que dá ao músculo a sua aparência riscada. Localizadas nos filamentos de actina encontram-se ainda duas proteínas adicionais, troponina e tropomiosina. Estas proteínas representam uma pequena porção do músculo, mas têm um papel fundamental no processo de contracção muscular (Powers e Howley, 1997).

As miofibrilas dividem-se ainda em segmentos individuais denominados sarcómeros. Os sarcómeros estão separados uns dos outros por uma fina folha de proteínas estruturais à qual se chama linha Z. Os filamentos de miosina estão localizados principalmente na porção escura do sarcómero, a esta zona chama-se banda A. Enquanto os filamentos de actina se encontram principalmente na zona mais clara, denominada Banda I. A teoria do deslizamento dos filamentos propõe que, sob a influência da energia libertada do ATP, os filamentos de actina e miosina deslizem uns sobre os outros, causando encurtamento do sarcómero (Burkitt e al., 1994). Ou seja, quando um músculo contrai, os filamentos de actina aproximam-se, deslizando sobre os filamentos de miosina. Ao aproximarem-se fazem com que a banda I fique mais curta (McComas, 1996). É este mecanismo que provoca o encurtamento dos sarcómeros, fazendo com que o músculo contraia.

Para que este processo ocorra é, no entanto necessário um estímulo nervoso, proveniente do sistema nervoso central. Para melhor compreender esse processo apresente-se seguidamente uma breve explicação da forma como funciona este sistema.

Sistema nervoso central

Qualquer movimento voluntário resulta de uma ordem do sistema nervoso central, um complexo e rápido sistema de comunicação interna formado pelo cérebro e pela espinhal medula. Estas estruturas encontram-se totalmente protegidas, sendo o cérebro encerrado pelo crânio e a espinhal medula pela coluna vertebral (Foss e Keteyian, 2000).

Em cooperação com este sistema temos ainda o sistema nervoso periférico, constituído por nervos cranianos e raquidianos e pelos respectivos gânglios. Esta rede complexa tem como objectivo estabelecer a ligação entre o sistema nervoso central e os locais de entrada de informação (órgão dos sentidos) e os locais de saída (músculos e glândulas) (Clayman, 1989). Assim sendo, o Sistema nervoso periférico compreende

duas divisões, uma responsável pela condução de informações dos órgãos dos sentidos para o sistema nervoso central, através das fibras aferentes (divisão aferente ou sensorial) e outra em que as fibras eferentes conduzem informações do sistema nervoso central para os músculos (divisão eferente ou motora).

Segundo McArdle e col (1989), o sistema nervoso central envolve dois principais grupos de neurónios: os primeiros neurónios, originários do córtex cerebral, cerebelo e tronco cerebral, e os segundos neurónios (denominados neurónios motores), cujo corpo celular se localiza na substância cinzenta do corpo anterior da espinhal medula ou nos núcleos dos nervos cranianos do tronco cerebral. Os axónios destes últimos neurónios estendem-se finalmente para os músculos esqueléticos, constituindo os nervos periféricos cranianos e raquidianos.

Consoante o trajecto que as fibras nervosas percorrem, elas podem representar o sistema piramidal ou extra piramidal.

O sistema piramidal inclui três grupos de fibras nervosas, que atravessam as pirâmides bulbulares e se dispõem em dois feixes: o feixe corticoespinhal, envolvido no controle cortical dos movimentos abaixo da cabeça e o feixe corticobulbular, envolvido no controlo cortical dos movimentos da cabeça e pescoço (Seeley, 1997). O sistema extra piramidal tem como principais funções o controlo de movimentos inconscientes, daí que não seja relevante para este estudo.

Comunicação entre SNC e o Musculo

Após ocorrer um estímulo no Sistema nervoso central, este envia uma informação na forma de energia eléctrica, que se propaga através do sistema piramidal, até à medula anterior (Foss e Keteyian, 2000). A partir da espinhal medula estende-se, como já referido, um neurónio motor que irá transmitir esse estímulo à célula muscular. Quando um impulso proveniente de um nervo motor alcança a placa motora terminal, ocorre a libertação de acetilcolina, que gera diferenças de potencial no sacrolema da fibra muscular (Fox e al., 1991).

Dentro do sarcoplasma do músculo, encontra-se uma rede de canais de membrana que rodeiam cada miofibrilha dispondo-se paralelamente a cada uma. Estes canais chamam-se retículo sarcoplasmático e armazenam cálcio, o qual tem um papel fundamental na contração muscular. Outros canais membranares chamados tubulos t, estendem-se do sarcolema atravessando completamente as fibras (Powers e Howley, 1997).

As diferenças de potencial referidas viajam para as células musculares através dos tubulos t, que circundam as miofibrilhas como um anel num dedo. Estes anéis estão interligados com os anéis das miofibrilhas vizinhas formando um extenso sistema de tubulo, fazendo com que os potenciais eléctricos viajem quase instantaneamente até as partes mais profundas do músculo, despolarizando as membranas. Esta despolarização leva à abertura dos canais de cálcio, do retículo sarcoplasmático, difundindo-se estes iões para o sarcoplasma que rodeia as miofibrilhas (Seeley e al., 1997).

Os iões de cálcio ligam-se à troponina (componente proteico do filamento de actina), e esta ligação faz com que o complexo troponina-tropomiosina entre no espaço entre as duas moléculas de actina (Seeley e al., 1997). Esta alteração faz com que a actina possa estabelecer ligações com miofilamentos de miosina, formando pontes cruzadas (Cairó, 1992).

Estabelecidas estas pontes, as cabeças de miosina movem-se na sua área curva, forçando o filamento de actina, a que estão ligadas a deslizar, ocorrendo o processo de contração muscular referido no capítulo sobre o músculo-esquelético. Enquanto houver alta concentração de iões de cálcio no líquido sarcoplasmático, a contração persistirá (Guyton, 1997).

Cada neurónio motor pode enervar um número de fibras musculares variável entre 5 e mais de 1000, consoante o grau de precisão de movimentos de cada músculo (Billeter, 1992). Este conjunto formado por um neurónio motor e pelas fibras musculares por ele enervadas designa-se Unidade Motora (Noth, 1992). A intensidade

da contracção muscular vai depender precisamente do número de unidades motoras recrutadas, juntamente com a frequência e sincronização da sua activação.

Recrutamento das unidades motoras

Visto que um dos mecanismos de regulação da força produzida pelo músculo é o recrutamento de unidades motoras, importa descrever de que forma estas são recrutadas.

A contracção do músculo-esquelético é controlada por grandes neurónios motores, fibras nervosas individuais que se ramificam para suprir um grupo de fibras musculares, colectivamente descritas como unidade motora. A excitação de qualquer neurónio motor resulta na contracção simultânea de todas as fibras musculares da unidade motora correspondente (Burkitt e col, 1994).

As unidades motoras são recrutadas por ordem crescente da sua capacidade de produção de força, ou seja, as unidades motoras de menor dimensão possuem limiares de excitabilidade mais baixos e são recrutadas em primeiro lugar. Este padrão de recrutamento é conhecido como princípio de Henneman (Henneman e col, 1981; Burke, 1981). À medida que as necessidades de força vão aumentando, as unidades motoras de maiores dimensões vão sendo recrutadas progressivamente. Desta forma, há uma correlação positiva entre as capacidades de produção de força das unidades motoras e o seu limiar de recrutamento.

Enquanto este limiar não for alcançado, o grupo de fibras musculares constituinte desta unidade motora permanece inactivo. Neste contexto, quando o neurónio envia um impulso nervoso às fibras musculares pertencentes a uma determinada unidade motora, só pode ocorrer uma das seguintes duas respostas: ou as fibras permanecem relaxadas, se a intensidade for inferior ao seu limiar de excitabilidade; ou, caso o estímulo seja igual ao ou superior ao seu limiar de excitabilidade, as fibras contraem-se com toda a intensidade. A este fenómeno chama-se “Lei do Tudo ou Nada” (Powers e Howley,

1997). Esta Lei aplica-se para cada unidade motora, não para o músculo como um todo, daí que os músculos possam realizar forças de diferentes intensidades.

Objectivos

O objectivo geral deste estudo é ser um contributo para o conhecimento científico ao nível do treino dos músculos abdominais. Para tal ir-se-á analisar electromiograficamente dois músculos em dois exercícios distintos, comumente utilizados pela população em geral para treinar os músculos abdominais.

Pretende-se que no final deste trabalho se possa descortinar qual dos exercícios analisados é o mais eficaz para o treino do músculo recto abdominal e erector espinal. Pretende-se ainda saber se algum dos exercícios pode criar lesão nos músculos referidos, essencialmente no erector espinal.

Metodologia

Exercícios analisados

Como já foi referido anteriormente este trabalho baseia-se na comparação de dois exercícios comumente utilizados para trabalhar os músculos abdominais, especialmente o recto abdominal. De seguida descrevem-se os dois exercícios.

Exercício 1

O primeiro exercício analisado foi o descrito no protocolo do fitnessgram ®. Para o analisar realizou-se um teste como descrito no livro *Fitnessgram test administration manual. 1999, the cooper institute of aerobics research.*

O objectivo do teste é completar o máximo de elevações possíveis até ao máximo de 75 a uma cadência específica, determinada pela faixa de um C.D. especificamente gravado para o efeito, que emite um som de 3 em 3 segundos, aproximadamente.

Para a realização do teste foi utilizado um colchão no qual se colocou uma fita transversalmente com 11,5 centímetros de largura.

O sujeito observado coloca-se então, na posição de supino no colchão com os joelhos flectidos com um ângulo de aproximadamente 140° e os pés apoiados no chão, pernas ligeiramente afastadas, braços estendidos e paralelos ao tronco com as palmas das mãos apoiadas no colchão os dedos esticados e a cabeça em contacto com o colchão. O observado deve-se colocar de forma a que a ponta dos dedos toquem o início da fita

O observado faz o curl-up, deslizando as mãos sobre a fita até ao final desta, a uma cadência de 20 abdominais por minuto, cerca de 1 em cada 3 segundos, seguindo o som emitido pelo C.D.

O observador coloca-se de joelhos junto do observado e conta o numero de elevações, verificando se o observado toca em cada repetição com a cabeça no colchão e se chega sempre com os dedos até ao final da fita.

Conta-se uma repetição cada vez que a cabeça do observado toca no colchão. O teste termina quando o aluno não conseguir completar mais repetições ou atingir as 75.

Durante a realização dos testes deve-se ter em consideração os seguintes pontos:

- Os calcanhares nunca devem deixar de tocar o colchão;
- A cabeça tem que tocar no colchão em cada repetição;
- Não são permitidas pausas, as repetições devem ser todas feitas à mesma cadência.
- As pontas dos dedos devem tocar sempre do lado contrário da fita de onde começaram.

(Fitnessgram Test Administration Manual, 1999)

Exercício 2

O segundo exercício analisado foi exactamente igual ao protocolo do Fitnessgram® descrito anteriormente, com a excepção da posição dos membros superiores. Neste exercício os membros superiores não estão colocados ao lado do tronco mas sim elevados e flectidos, para que as mãos toquem a zona lateral da cabeça.

Visto que a posição dos membros superiores impede o controlo do ângulo de flexão que o sujeito observado realiza (no protocolo do fitnessgram ® é o deslizar das mão sobre a fita que controla o ângulo de flexão do tronco sobre os membros inferiores), foi definido que fosse sempre 45° e esta foi controlada pelo observador que indicava ao

sujeito observado se deveria flectir mais ou menos sempre que não se verificasse o ângulo pretendido.

Caracterização da Amostra

A amostra seleccionada para este estudo era composta por 10 indivíduos, alunos do primeiro ano da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. De forma a homogeneizar o máximo possível a amostra, foram seleccionados apenas indivíduos de sexo masculino, praticantes de actividade física regular, com baixo índice de gordura corporal e com idades compreendidas entre os 19 e 25 anos.

Caracterização Antropométrica

A caracterização antropométrica dos indivíduos observados contemplou a análise da média e desvio padrão da estatura, massa corporal, índice de massa corporal e percentagem de massa gorda. No quadro seguinte podemos observar, a média e o desvio padrão da massa corporal, estatura e índice de massa corporal (IMC) dos indivíduos estudados.

	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	IMC
Média	68,1	172,5	22,9
Desvio Padrão	7,1624	5,785	1,8

Percentagem de massa gorda

A percentagem de massa gorda foi calculada através da técnica de Faulkener. A técnica de Faulkener foi desenvolvida originalmente para nadadores canadenses e norte-americanos, porém foi vastamente difundida para outras populações (MARINS e GIANNICHI, 1998). Leite (2000) diz que esta técnica é inapropriada para estimar a composição corporal de indivíduos sedentários, obesos, mulheres e idosos, o que não é o caso de nenhum elemento da população em questão

Para calcular a percentagem de massa gorda através da técnica referida foram medidas quatro pregas de gordura subcutânea (tricipital, bicipital, subescapular, suprailíaca e abdominal). As pregas de gordura subcutânea são medidas dos valores dos depósitos de gordura sendo geralmente utilizadas em formas de estimação antropométrica da composição corporal (Sobral e Silva, 2001). A medição das pregas adiposas, também denominadas pregas de gordura subcutânea ou skinfold, constitui um dos métodos de avaliação da gordura corporal mais utilizados, pela facilidade de utilização, baixo custo e pela sua grande correlação com a gordura corporal total (Fragoso e Vieira, 1994). Esta metodologia baseia-se no facto de cerca de 50% da gordura corporal total estar localizada subcutaneamente. Como a pele representa apenas cerca de 1,8 mm, a maioria da espessura da prega é representativa de gordura subcutânea (Moreira, 1995).

As pregas foram medidas utilizando o adipómetro SLIM GUIDE® e segundo a técnica descrita por Moreira (1995):

- Efectuar todas as medidas das pregas adiposas do lado direito do corpo;
- Cuidadosamente identificar, medir e marcar o local das pregas adiposas, especialmente tratando-se de um avaliador inexperiente;
- Para a medição, é preciso definir-se o eixo maior da prega e esta deve ser segura, firmemente, entre o polegar e o indicador da mão esquerda. A prega é destacada 1 cm acima do local a ser medido;

- Destacar a prega, colocando o polegar e o indicador a uma distância de 8 cm, numa linha perpendicular ao eixo longo da prega. É nas extremidades destes 8 cm (4+4) que a elevação da prega vai ser realizada. O eixo longo é paralelo em relação às linhas naturais da pele. Entretanto, para indivíduos com pregas adiposas extremamente grandes, o polegar e o indicador necessitam de separar mais de 8 cm para que se consiga destacá-la;
- Manter a prega pressionada enquanto a medida é realizada;
- Colocar as hastes do adipómetro perpendiculares à prega, aproximadamente 1 cm abaixo do polegar e do indicador, e soltar a pressão das hastes lentamente;
- Efectuar as medições das pregas adiposas 4 segundos após a pressão ter sido aplicada para haver estabilização do ponteiro do adipómetro;
- Afastar as hastes do adipómetro para removê-lo do local. Fechar as hastes lentamente para prevenir danos ou perda da calibragem.

Após medidas as pregas tricipital, bicipital, subescapular, suprailíaca e abdominal de todos os indivíduos, calculou-se a média e o desvio padrão de cada uma delas obtendo-se o seguinte quadro (os valores apresentados encontram-se todos em centímetros):

Pregas de Gordura Subcutânea				
	Tricipital	Subescapular	Suprailíaca	Abdominal
Média	8,1	9,9	10,8	12,3
Desvio Padrão	3,3	3,1	7,1	5,4

Aplicando de seguida a técnica de Faulkner para calcular a percentagem de massa gorda obteve-se o seguinte quadro:

	% de Gordura Corporal
Média	12,1
Desvio Padrão	2,7

Electromiografia

Vários autores defendem que a electromiografia é o método que apresenta melhores condições para a realização de estudos da dinâmica muscular, ou seja, do estudo da função dos músculos.

A EMG é o único método directo de avaliação não intrusiva que permite determinar directamente parâmetros biomecânicos internos do corpo humano durante o movimento (Ervilha e col, 1999).

Konrad (2005) enuncia diversas vantagens da utilização deste método: a EMG permite “olhar” directamente para dentro do músculo; permite medir a performance muscular; ajuda em decisões a tomar antes e após cirurgias; ajuda pacientes a conhecer e treinar os seus músculos; permite análises que melhoram actividades desportivas; detecta respostas musculares a actividades ergonómicas.

A EMG baseia-se num princípio estabelecido há mais de 200 anos por Galvani (Basmagian e DeLuca, 1985): um músculo-esquelético, quando estimulado electricamente, contrai-se e, por outro lado, produz corrente eléctrica quando se contrai voluntariamente.

Segundo Pezarat (2004) assumindo que a força desenvolvida por um músculo em contracção depende da excitação neural que lhe é aplicada, o EMG, ao medir o nível de excitação pode ser utilizado como indicador de força. A relação linear entre EMG e força foi verificada por um conjunto amplo de autores quer em contracções estáticas (Close, Nicket e col. 1960; Komi e Buskirk 1970; Bouisset e Goubel 1973; Antti, Bjorksten e col 1976; Yoneda, Oishi e tal. 1983) como dinâmicas (Close, Nicket e col. 1960; Komi e Buskirk 1970; Bouisset e Goubel 1973; Bouisset, Lestienne e tal. 1976; Aoki, Nagasaki e col. 1986).

McArdle e col referem que o sinal electromiográfico proporciona um meio conveniente para estudar as complexidades da fisiologia neuromuscular durante os vários tipos de contracção muscular.

Fundamentação fisiológica

A célula muscular, no estado de repouso caracteriza-se por uma diferente distribuição iónica no interior e exterior da sua membrana celular (sacrolema). Em consequência das características do sacrolema e dos processos de transporte activo e difusão que aí ocorrem, verifica-se uma maior concentração de iões de sódio e cloro no exterior da membrana enquanto no interior predominam os iões de potássio e ao grande iões proteicos. Esta distribuição iónica resulta numa maior quantidade de cargas positivas no meio extra celular criando, no estado de repouso uma diferença de potencial entre o interior e exterior da membrana, designado de potencial de repouso (Pezarat 2004).

O processo de excitação da célula muscular iniciado ao nível do motoneurónio alfa e que culmina com a activação das proteínas contrácteis, passa pela alteração desse potencial de repouso, induzido pelo mediador químico libertado na placa motora. Essa alteração consiste em processos electroquímicos – potencial de acção – que se vão transferindo consecutivamente nos dois sentidos da membrana (Pezarat 2004).

A entrada em acção de uma fibra muscular é, portanto, sempre antecedida de uma corrente electroquímica que percorre a sua membrana. Na propagação da despolarização ao longo do sarcolema, gera-se uma diferença de potencial entre as zonas activas e inactivas. Esta diferença de potencial produz, devido às propriedades condutoras dos meios biológicos uma corrente que difunde à distância e que pode ser detectada e registada por eléctrodos. O potencial recolhido não é o verdadeiro potencial de acção muscular mas um fenómeno eléctrico consecutivo à sua passagem (Pezarat 2004).

O estudo aqui apresentado baseou-se na análise da amplitude e frequência dos dados obtidos.

Frequência

As frequências características do sinal EMG situam-se entre 1 e 3000 Hz (Cabri, 1989). No entanto a mais significativa vai apenas até aos 1000Hz (Kadefors, 1973) e, na actividade muscular grosseira, a energia acima do 250 Hz parece ser negligenciável (McLeod, 1973; Sato, 1982). O seu máximo contributo situa-se entre os 75 e 100 Hz. A distribuição das Frequências do sinal EMG é função de um conjunto amplo de factores de diversa ordem como sejam a composição dos músculos, as propriedades dos eléctrodos e o local onde são colocados no músculo, as características do potencial de acção das fibras musculares activas e os processos de coordenação intramuscular (Pezarat 2004). Os dados recolhidos para análise da frequência foram o MPF (Mean Power Frequency) para cada minuto de exercício.

Amplitude

É a quantidade que expressa o nível de actividade do sinal. O sinal EMG apresenta normalmente uma amplitude de distribuição aproximadamente gaussiana, com média igual a zero e desvio padrão na ordem dos micro volts (Clarys & Cabri 1991; Kadehors, 1973).

A amplitude da curva EMG varia com a quantidade de actividade eléctrica detectada no músculo a cada momento e fornece-nos informação sobre a intensidade de activação do músculo. O sinal de EMG apresenta um leque de amplitudes que varia entre 10 e 5 micro volts pico a pico (Pezarat 2004). Para uma melhor análise dos valores de amplitude obtidos, decidiu-se apresentar os resultados em percentagem do valor máximo de contracção de cada músculo/indivíduo, podendo desta forma comparar os resultados obtidos num músculo com os outros músculos. Um músculo está a treinar se a amplitude registada pela electromiografia estiver entre 30 e 60 % da amplitude máxima que ele pode produzir, abaixo de 30 % o músculo não está a trabalhar e acima de 60 % o músculo está a ser lesado.

Resultados

O gráfico seguinte representa a evolução da percentagem da amplitude de contracção do músculo recto abdominal esquerdo em relação à contracção máxima nos dois exercícios estudados. Pode-se observar que nos dois primeiros minutos de ambos os exercícios o músculo recto abdominal esteve a trabalhar ligeiramente acima de 30 % da contracção máxima. No final dos exercícios nota-se um aumento da percentagem de contracção mais evidente no exercício 1.

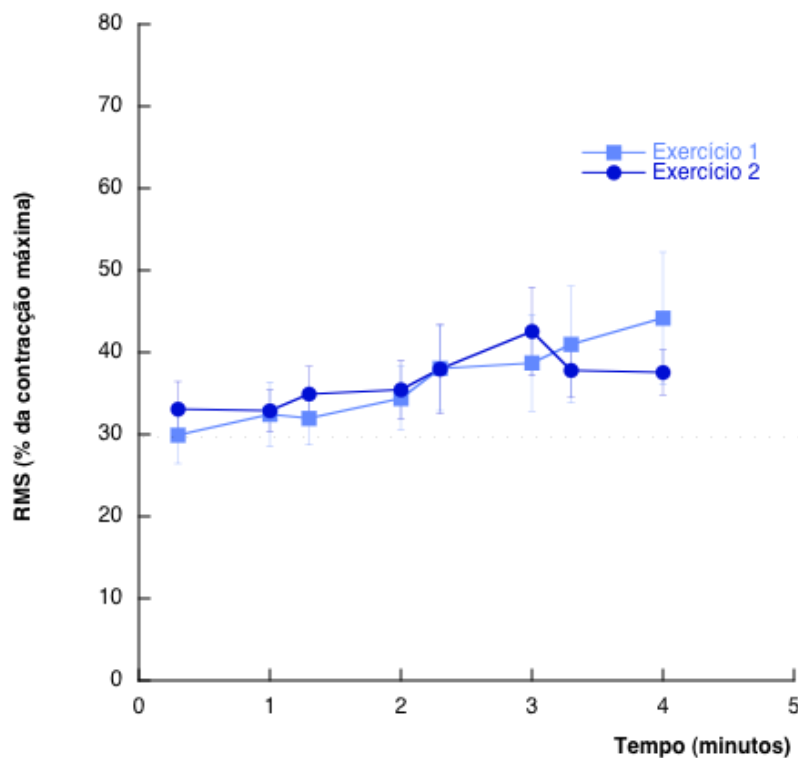


Gráfico 1- Valores de % da amplitude de contracção do músculo recto abdominal esquerdo em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

O gráfico seguinte representa a evolução da percentagem da amplitude de contracção do músculo recto abdominal direito em relação à contracção máxima nos dois exercícios estudados. Nele podemos observar que existe um ligeiro aumento da percentagem de amplitude ao longo do tempo. Observa-se também que todos os valores se encontram ligeiramente acima dos 30 por cento.

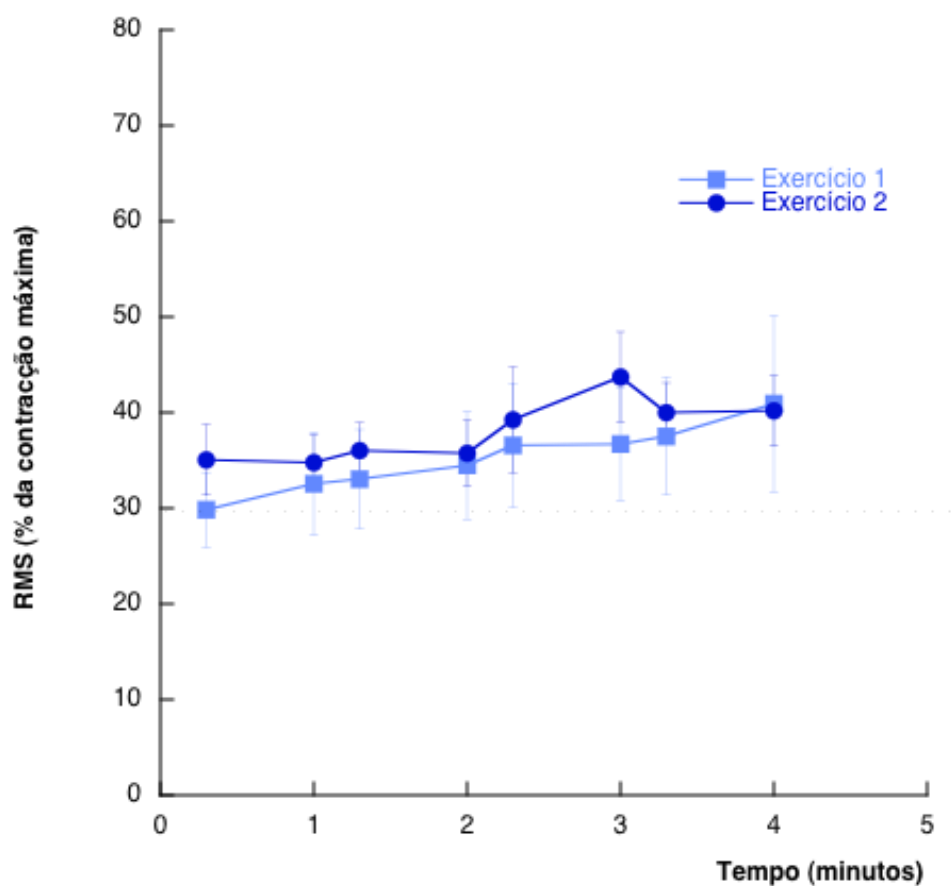


Gráfico 2 - Valores de % da amplitude de contracção do músculo recto abdominal direito em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

De seguida apresenta-se o gráfico 3 onde se podem observar as percentagens de amplitude de contracção do músculo erector espinal esquerdo em relação à contracção máxima. Nele podemos observar que existe algum aumento da percentagem de contracção ao longo de ambos os exercícios, sem no entanto ser significativo. Podemos ainda observar que as percentagens referidas nunca são superiores a 30 %.

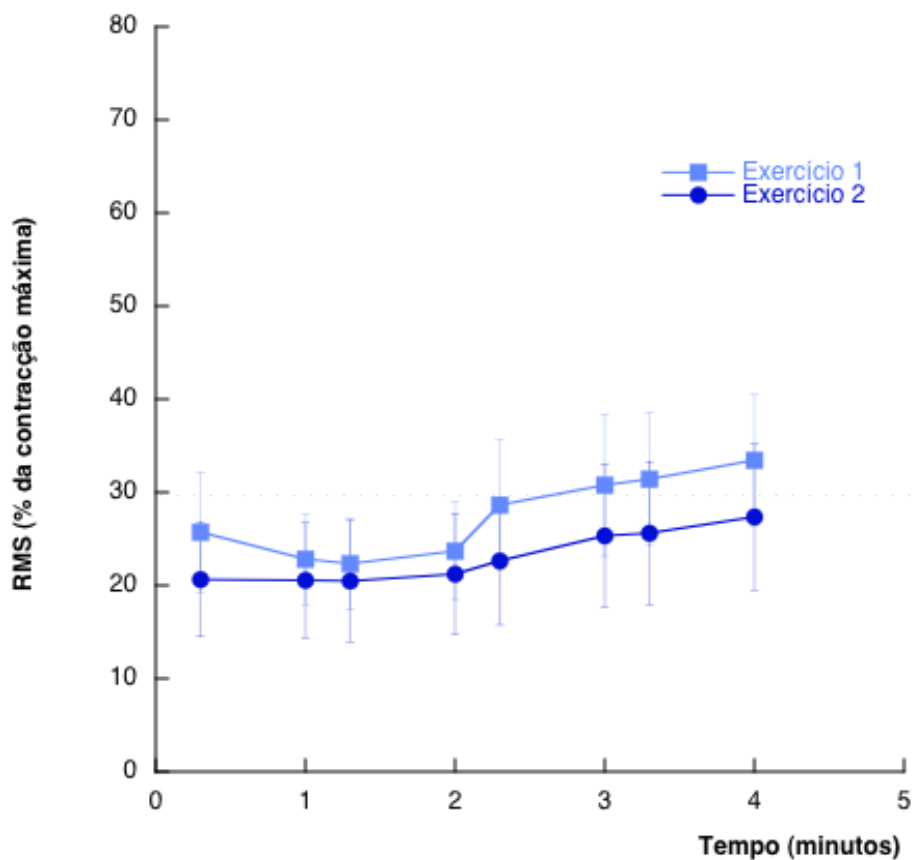


Gráfico 3- Valores de % da amplitude de contracção do músculo erector espinal esquerdo em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

O gráfico seguinte apresenta a percentagem de amplitude de contracção do músculo erector espinal direito em relação à contracção máxima. Aqui podemos observar que no primeiro exercício estudado o músculo referido trabalhou acima dos 30 % da sua amplitude máxima de contracção, enquanto no exercício 2 o músculo trabalhou ligeiramente abaixo dos 30 %.

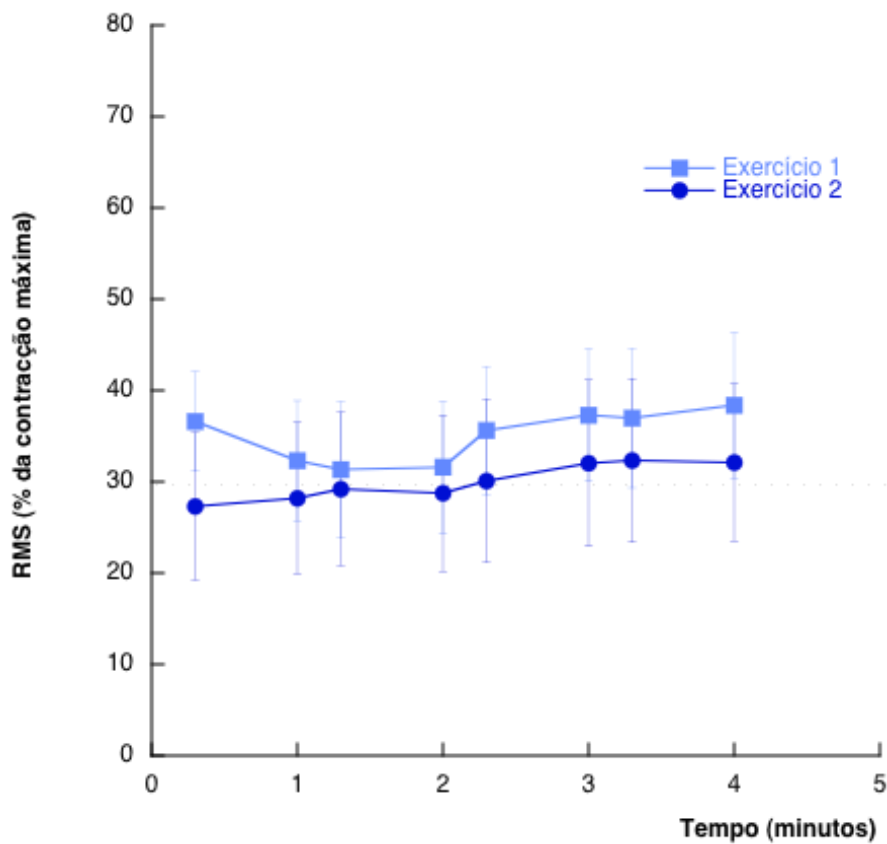


Gráfico 4- Valores de % da amplitude de contracção do músculo erector espinal direito em relação à contracção máxima. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

O gráfico seguinte apresenta os valores de MPF para o músculo recto abdominal esquerdo, durante os 4 minutos de duração do teste. Pode-se observar que os valores de MPF diminuem ao longo do tempo, sem que, no entanto essa diminuição seja estatisticamente significativa.

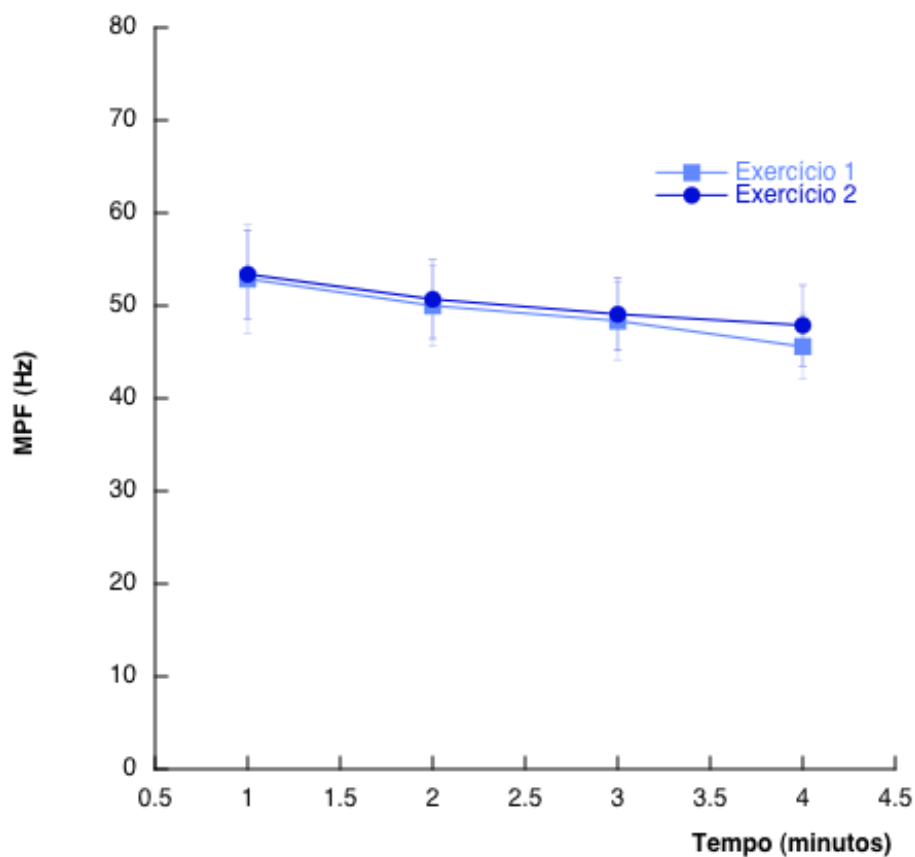


Gráfico 5- Valores de MPF (Hz) para o músculo recto abdominal esquerdo durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

De seguida apresenta-se o gráfico 6 que reflecte os valores de MPF obtidos ao longo dos dois exercícios analisados, no recto abdominal direito. Tal como no gráfico anterior observa-se uma ligeira descida dos valores em ambos os exercícios, sem no entanto ser uma diferença estatisticamente significativa.

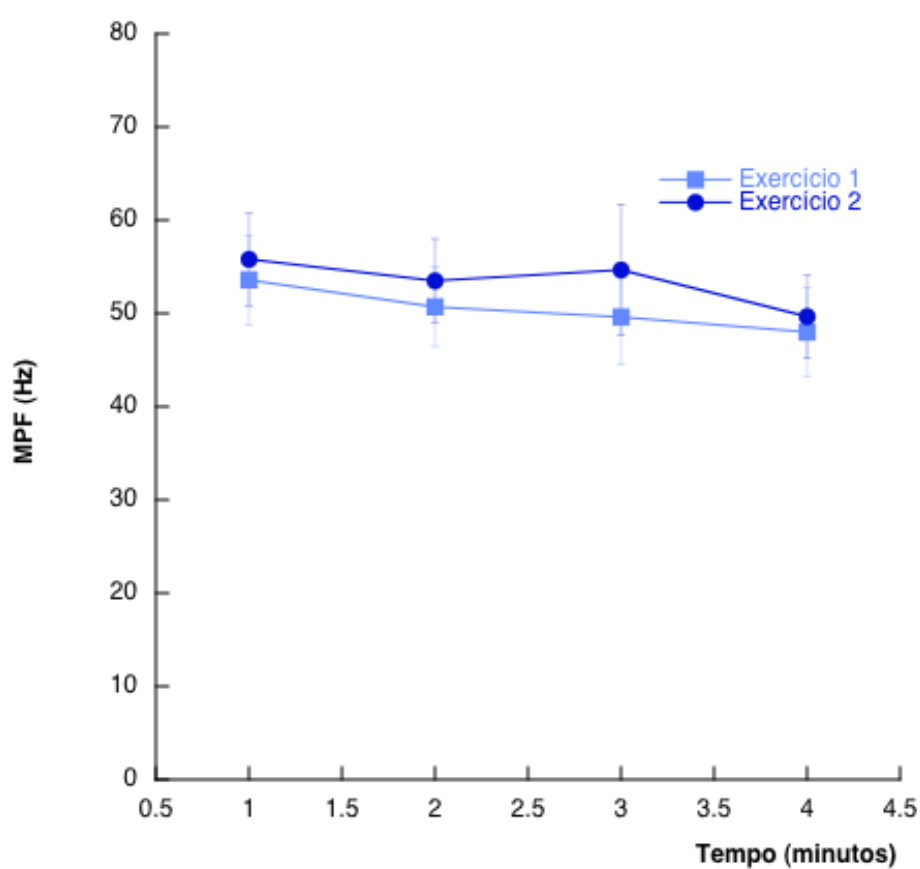


Gráfico 6- Valores de MPF (Hz) para o músculo recto abdominal direito durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

O gráfico abaixo representa a comparação dos dois exercícios quanto à frequência de condução do impulso nervoso do músculo erector espinal esquerdo. Nele podemos observar que existe uma grande diferença entre os dois exercícios, apesar de que em nenhum deles se note variação da frequência do início para o final do exercício.

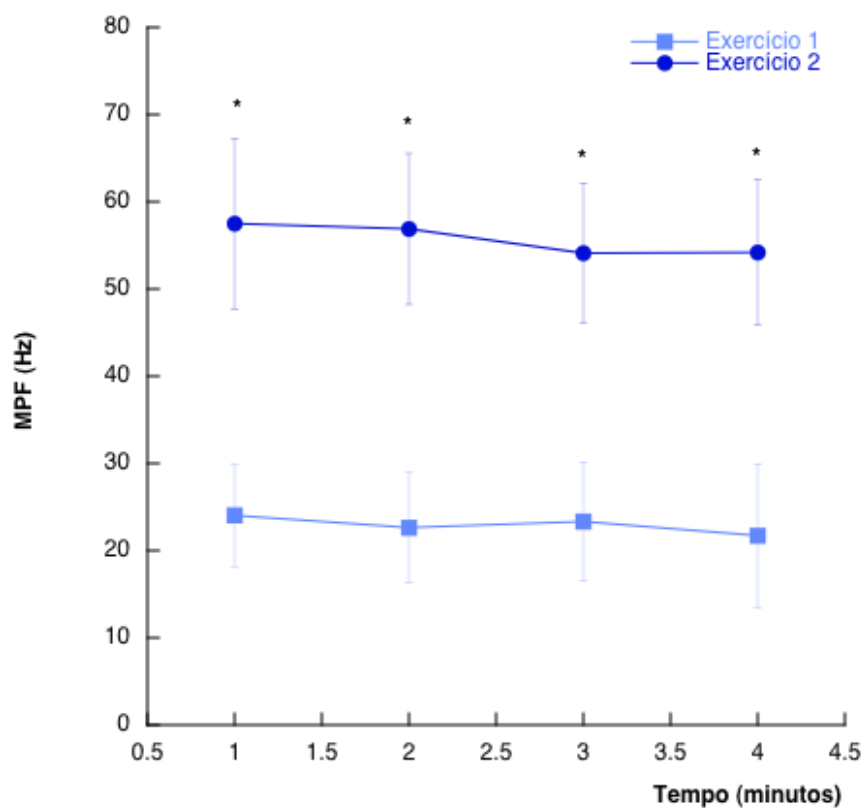


Gráfico 7- Valores de MPF (Hz) para o músculo Erector espinal esquerdo durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão. *p<0,05 do exercício 2 em relação ao exercício 1.

Por último apresenta-se o gráfico correspondente à comparação dos valores MPF do erector espinal direito entre os dois exercícios, nele pode-se observar que nem existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois exercícios, nem existe variância significativa entre o início e o final de qualquer dos exercícios.

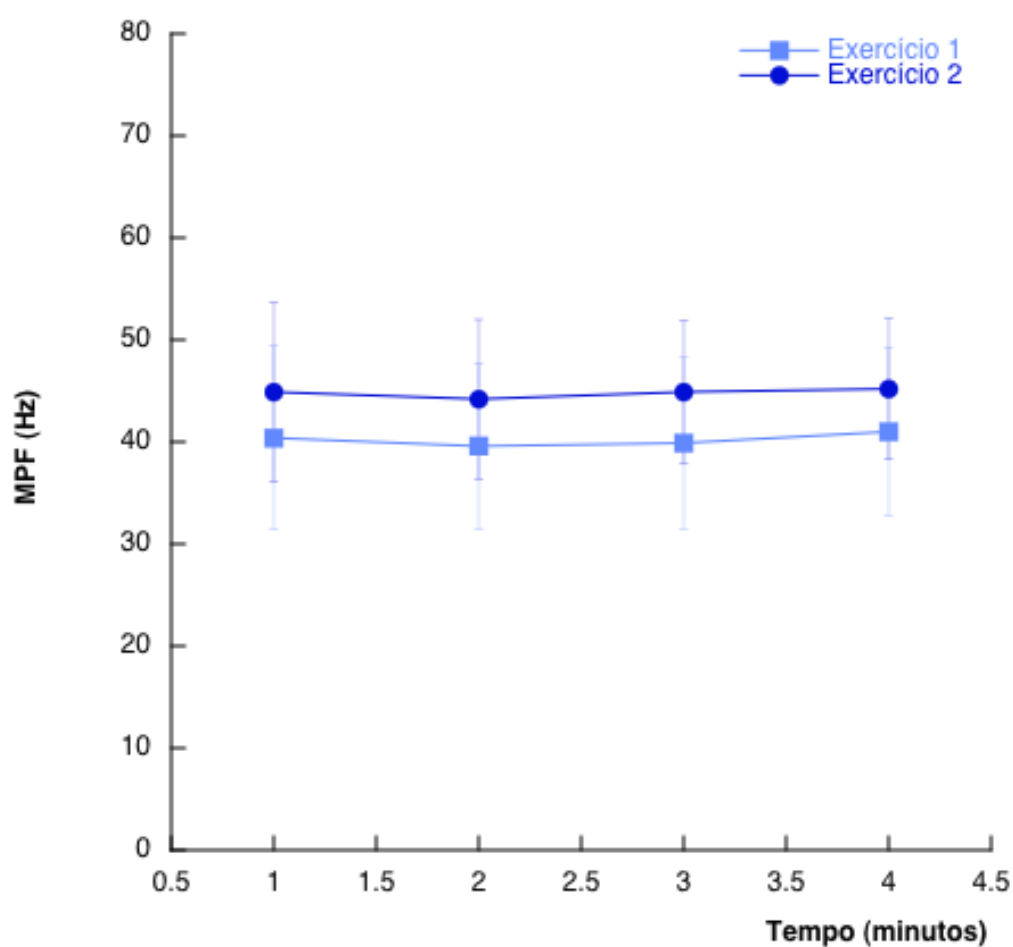


Gráfico 8- Valores de MPF (Hz) para o músculo Erector espinal direito durante os 4 minutos de duração do teste. Comparação entre o exercício 1 e 2. Os símbolos representam médias e as linhas verticais o erro padrão.

Discussão dos resultados

Antes de discutir os resultados obtidos convém lembrar os objectivos a que este trabalho se propunha: analisar electromiograficamente dois exercícios comumente utilizados para treinar os músculos da zona abdominal de forma a tentar estabelecer qual o mais eficaz no treino do musculo recto abdominal e erector espinal.

Observando os gráficos referentes à percentagem de amplitude em relação à contracção máxima dos músculos recto abdominal direito e esquerdo (Gráficos 1 e 2) pode-se verificar que a amplitude vai aumentando ligeiramente ao longo de ambos os exercícios. Ambos os exercícios apresentam entre 30 a 40% de amplitude o que indica um nível médio baixo de treino muscular. Pode-se observar uma tendência para um melhor desempenho no exercício 1 no músculo recto abdominal esquerdo, porem essas diferenças não são estatisticamente significativas. Quanto ao recto abdominal direito não foram encontradas diferenças entre os dois exercícios relativamente à percentagem de contracção muscular.

Observando os gráficos referentes à amplitude de contracção dos erectores espinhais (Gráficos 3 e 4) verifica-se que apenas o erector espinal esquerdo apresenta valores de treino acima dos 30 % e apenas no exercício 1, ou seja, tanto no segundo exercício em ambos os músculos como no primeiro para o erector espinal direito não houve trabalho significativo.

Visto que nenhum dos gráficos apresentados demonstram em momento algum uma percentagem de amplitude superior a 60% pode-se referir que nenhum dos exercícios é lesivo quer para os músculos rectos abdominais, quer para os erectores espinhais.

Analisando os gráficos referentes à frequência de condução do impulso nervoso para os rectos abdominais pode-se observar uma tendência para a diminuição da

frequência de contracção, no entanto, o facto de esta diminuição não ter significado estatístico sugere que não há fadiga em nenhum dos exercícios estudados.

Os resultados observados nos gráficos relativos à frequência de condução dos erectores espinhais apresentam resultados mais controversos. No erector espinal direito não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois exercícios estudados, nem se observaram alterações do início para o final dos exercícios. Já no erector espinal esquerdo a frequência de condução do impulso nervoso foi muito maior no exercício 2 do que no exercício 1.

Estes resultados podem sugerir que para atingir uma contracção de amplitude semelhante este músculo necessita de uma estimulação nervosa de mais intensidade. Isto pode significar que apesar de a amplitude estar em níveis normais de treino e não haver fadiga muscular poderá, na continuação, existir uma fadiga neuronal por esgotamento do neurotransmissor ou por dessensibilização dos receptores por sobre-estimulação.

Comparando a performance dos músculos do lado direito relativamente ao lado esquerdo foi possível observar em varias situações diferenças claras em algumas situações. Para tentar explicar este fenómeno os indivíduos observados foram questionados sobre se praticavam no momento do estudo ou anteriormente alguma actividade física regular que pudesse causar assimetrias musculares. Ficou-se então a saber que todos os indivíduos praticam actividade física regular moderada variada e os que, em algum momento, praticaram alguma modalidade intensa, estas eram cíclicas e simétricas (um individuo pratica natação, dois praticaram ciclismo e outro canoagem). A única forma de explicar este fenómeno será, portanto, um desequilíbrio postural da maioria destes indivíduos, provocado pela actividade física regular que todos praticam ou pela actividade física normal do dia-a-dia.

O facto de as diferenças encontradas entre os dois exercício em quase todas as situações analisadas serem pouco significativas, sugere que a posição dos membros

superiores não influencia o treino dos músculos abdominais e lombares. Assumindo este pressuposto, as diferenças encontradas seriam reflexo de uma situação de maior ou menor conforto para o sujeito observado quanto à forma de colocação dos membros, logo o exercício mais eficaz seria o que fosse, para cada indivíduo, o mais confortável, até por uma questão motivacional.

Conclusões

Com base na discussão referida acima podemos afirmar que, para esta amostra:

- Nenhum dos exercícios estudados produz fadiga muscular, quer no recto abdominal quer no erector espinal;
- O exercício 2 pode provocar fadiga neuronal localizada;
- Este estudo não permite afirmar que os exercícios testados sejam lesivos para os músculos lombares, podendo mesmo sugerir protecção;
- Em termos de treino do músculo recto abdominal ambos os exercícios são eficazes, embora o exercício 1 se mostre tendencialmente mais eficaz do que o exercício 2.

Bibliografia

Mata Ribeiro, A; *A eficácia de três exercícios abdominais para teste de resistência muscular localizada*; Universidade de Castelo Branco

Konrad, P; *ABC of EMG, A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*; 2005

Heredia Elvar, Juan R. Costa, Miguel R. *Entrenamiento de la Musculatura Abdominal: una Perspectiva Integradora*. PubliCE Standard; 2005.

Powers, Skott K.; Howley, Edward T; *Exercise Physiology, Theory and Application to Fitness and Performance*. Brown & Benchmark; 1997

Burkitt, H. G.; Young, B.; Heath, J. W.; *Weater's Funcional Histology: A Text and Colour Atlas*. Guanabara Koogan; 1994.

Pezarat, P.; Santos, P; Veloso, A.; *Electromiografia*; Edições FMH. Lisboa; 1993

Marcelino, M.; *Estudo do Comportamento electromiográfico dos músculos Rectus Abdominis e do Recto Femoris em dois protocolos de abdominais*. Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física – Universidade de Coimbra; 2004

Ribeiro, E.; *Comparação da Eficácia de dois testes de abdominais através da análise electromiográfica*. Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física – Universidade de Coimbra. 2004

McComas, Alan J.; *Skeletal Muscule, Form and Function*. 1996

Fox, Edward L., Bowers, Richard W., Foss, Merle L.; *The physiological basis of Physical Education and Athletics*. Guanabara Koogan. 1991

Fitnessgram Test Administration Manual; The Cooper Institute of Aerobics Research; 1999.

Gonçalves, F; Mourão P; *A Avaliação da Densidade Corporal, a Medição de pregas adiposas como técnica para a avaliação da composição corporal*. Revista de Desporto e Saúde da Fundação Técnica e Científica de Desporto.

Pina, Esperança; *Anatomia Humana da Locomoção*; 2ª Edição; Lidel - Edições Técnicas; Lisboa; 1999

Marchetti, P; *Investigações sobre o controle neuromotor do musculo recto do abdome*; Universidade de São Paulo; 2005